

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Übersetzung der  
europäischen Patentschrift  
(7) EP 0431 835 B1  
(10) DE 690 22 692 T 2

(51) Int. Cl. 6:  
H 01 L 29/08  
H 01 L 29/737

DE 690 22 692 T 2

- (21) Deutsches Aktenzeichen: 690 22 692.6  
(36) Europäisches Aktenzeichen: 90 312 979.9  
(38) Europäischer Anmeldetag: 29. 11. 90  
(37) Erstveröffentlichung durch das EPA: 12. 6. 91  
(37) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 27. 9. 95  
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 14. 3. 96

(30) Unionspriorität: (22) (33) (31)  
30.11.89 JP 311548/89      30.11.89 JP 311550/89  
28.02.90 JP 48320/89      28.02.90 JP 48321/89

(73) Patentinhaber:  
Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

(84) Benannte Vertragstaaten:  
DE, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:  
Morishita, Masakazu, c/o Canon Kabushiki Kaish,  
Tokyo, JP

(54) Bipolares Halbleiterbauelement.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 22 692 T 2

Auch in dem Fall, bei dem der Unterschied des Übertragungsfaktors von positiven Löchern und Elektronen gering ist, kann kein Sperren von positiven Löchern erreicht werden. Obwohl die Verwendung eines derartigen Unterschieds des Übertragungsfaktors bei einem npn-Transistor angewandt werden kann, kann sie bei einem pnp-Transistor außerdem nicht angewandt werden, dessen Sperrsicht unterschiedlich ist.

Demgegenüber ist bei dem herkömmlichen heterobipolaren Transistor mit einem  $\mu$ cSi-Halbleiteremitter die Emitter-Basis-Sperrsicht, nämlich die Grenzfläche zwischen dem Emitter und der Basis unbeständig, und in dem Bereich geringen Stroms des Basisstroms herrscht insbesondere eine Rekombination vor, wodurch der Stromverstärkungsfaktor  $h_{FE}$  stark abgesenkt wird.

Auch führt bei dem herkömmlichen Mikrokristall-Silizium ( $\mu$ c-Si) eine zusätzliche Wärmebehandlung zu einer Verringerung des Stromverstärkungsfaktors  $h_{FE}$  selbst bei beispielsweise  $450^{\circ}\text{C}$ . Eine derartige Verringerung kann insbesondere durch Absenken der Bandlücke und Beseitigung von H (Wasserstoff), das in dem Mikrokristall-Silizium ( $\mu$ c-Si) usw. enthalten ist, wegen der erhöhten Partikelgröße des Mikrokristall-Siliziums ( $\mu$ c-Si) verursacht gesehen werden.

25

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung ist in Anbetracht der vorstehend beschriebenen Probleme gemacht worden, und ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine Halbleitervorrichtung zu schaffen, die eine Zunahme des Basisstroms in einem Bereich geringen Stroms verhindern und einen hohen Stromverstärkungsfaktor über einen breiten Bereich des Kollektorstroms erhalten kann, und sie ist bei Flächentransistoren von allen Arten von npn- und pnp-Transistoren anwendbar gemacht worden.

Erfindungsgemäß wird eine Halbleitervorrichtung geschaffen mit:

- einem Kollektorbereich eines ersten Leitfähigkeits-  
typs,
- einem Basisbereich eines zweiten Leitfähigkeits-  
typs,
- 5 einem Emitterbereich des ersten Leitfähigkeits-  
typs mit einer Dicke, die nicht größer als eine Diffusionslänge  
eines von dem Basisbereich injizierten Minoritäts-Ladungsträ-  
gers ist,
- 10 einem Dünnfilm, der auf dem Emitterbereich zum Fließen-  
lassen eines Tunnelstroms vorgesehen ist, und
- einer Halbleitermaterial-Schicht, die auf den Dünn-  
film geschichtet ist und eine Energieband-Lücke aufweist, die  
zumindest breiter als die des Materials des Emitterbereichs  
ist.
- ,15
- Bei der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung sind  
ein Emitterbereich, ein Dünnfilm sowie eine auf den Dünnfilm  
geschichtete Halbleitermaterial-Schicht vorgesehen. Der  
grundlegende Aufbau einer Halbleitervorrichtung ist aus einer  
20 Veröffentlichung von dem "International Electron Devices  
Meeting", "Technical Digest" vom 4. bis 6. Dezember 1978,  
IEEE New York, S. 333-335 mit dem Titel "The SIS Tunnel  
Emitter" von H.C. De Graaff u.a. bekannt, in der ein Sili-  
zium-npn-Transistor mit einem einkristallinen n<sup>+</sup>-Silizium-  
25 Emitterbereich, einer isolierenden Schicht und einem auf die  
isolierende Schicht geschichteten n<sup>+</sup>-Polysilizium-Halbleiter-  
material beschrieben ist. Die isolierende Schicht weist eine  
Dicke von 2 bis 6 nm auf, und ein Tunnelstrom fließt hin-  
durch. Zwischen den Energieband-Lücken des Emitterbereichs  
30 und der Halbleitermaterial-Schicht wird nicht unterschieden,  
und von Fig. 3 dieses Schriftstücks scheinen diese Energie-  
band-Lücken dieselben zu sein.
- Die US-4 672 413 (Gardener) offenbart auch einen bipolaren  
35 Transistor mit einer Tunnelsperre aus einem Dünnfilm-Isolati-  
onsmaterial zwischen einem stark dotierten n-Emitter und ei-  
nem p-Basisbereich oder wahlweise zwischen einem n-Emitterbe-  
reich und einem Bereich desselben Leitfähigkeits-  
typs wie der Emitterbereich. Auf ähnliche Weise wird zwischen den Energie-

band-Lücken des Materials an jeder Seite des Dünnfilms nicht unterschieden, und von Fig. 4 der Zeichnung scheinen diese Bandlücken dieselben zu sein.

5 KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Halbleitervorrichtung zum Veranschaulichen des ersten Ausführungsbeispiels.

10

Fig. 2 zeigt eine Abbildung, die das Potential entlang der Linie A-A' gemäß Fig. 1 darstellt.

15

Fig. 3A ist ein erläuterndes Diagramm, das den Zusammenhang zwischen Potential und Abstand zur Veranschaulichung des Tunnelfilms darstellt.

20

Fig. 3B ist ein veranschaulichendes Diagramm, das den Zusammenhang zwischen Potential und Abstand darstellt, wenn eine entsprechende Spannung an den Tunnelfilm angelegt wird.

25

Fig. 4 zeigt ein Diagramm zum Vergleich von Spannung und Strom zwischen einem erfindungsgemäßen Transistor und einem herkömmlichen Transistor.

30

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen der Störstellenkonzentration und der Lebensdauer von positiven Löchern in dem Emitterbereich darstellt.

35

Fig. 6A ist eine erläuternde Darstellung, die Energieniveaus bei einer Sperrsicht aus n-Si und n-SiC darstellt.

Fig. 6B ist eine erläuternde Darstellung, die Energieniveaus bei Sperrsichten aus n-Si, n-SiC und n-Si darstellt.

35

Fig. 6C ist eine erläuternde Darstellung, die Energieniveaus von n-Si, eines n-SiC-Dünnfilms und von n-Si darstellt.

Fig. 7 ist eine schematische Schnittansicht, die das zweite Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 8 ist eine schematische Schnittansicht, die das dritte  
5 Ausführungsbeispiel veranschaulicht.

Fig. 9 ist ein Schaltbild, das ein Ausführungsbeispiel einer elektronischen Vorrichtung darstellt, die eine Halbleitervorrichtung aufweist.

10

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

Die zu beschreibende Halbleitervorrichtung ist mit einem Kol-  
15 lektorbereich eines ersten Leitfähigkeitstyps, einem Basisbe-  
reich eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einem Emitterbe-  
reich des ersten Leitfähigkeitstyps versehen und weist einen  
Dünnfilm, der auf dem Emitterbereich vorgesehen ist, durch  
den ein Tunnelstrom fließen kann, sowie eine Halbleiterma-  
20 terial-Schicht auf, die auf dem Dünnfilm vorgesehen ist und  
eine unzulässige Bandlücke aufweist, die breiter als die des  
vorstehend erwähnten Emitterbereichs ist. Bei dieser Vorrich-  
tung weist der Emitterbereich eine Dicke auf, die nicht  
größer als die Diffusionslänge von aus dem Basisbereich inji-  
25 zierten Minoritäts-Ladungsträgern ist.

Die Halbleitervorrichtung sollte möglichst den vorstehend er-  
wähnten Dünnfilm aufweisen, der auf eine Dicke eingestellt  
30 ist, die bezüglich sowohl Elektronen als auch positiven Lö-  
chern einen Tunneleffekt entstehen lässt.

Die Halbleitervorrichtung sollte eine Halbleiterschicht auf-  
weisen, die eine unzulässige Bandlücke aufweist, die schmäler  
als die der Halbleitermaterial-Schicht ist und auf die Halb-  
35 leitermaterial-Schicht geschichtet ist.

Darüberhinaus kann die Halbleitervorrichtung bei einer elek-  
tronischen Vorrichtung als photoelektrisches Wandlerelement  
verwendet werden.

Wie vorstehend beschrieben ist ein Dünnfilm, der ein Auftreten eines Tunneleffekts sowohl von positiven Löchern als auch von Elektronen verursacht, auf einem  $N^+$ -Emitterbereich ausgebildet, und außerdem kann durch Herstellen einer Halbleitermaterial-Schicht mit einem breiteren unzulässigen Bandbereich als der Emitterbereich auf dem Dünnfilm in dem Fall des bipolaren npn-Transistors ein Einfließen von positiven Löchern durch die Halbleitermaterial-Schicht gesperrt werden, damit eine Verringerung des Basisstroms bewirkt wird.

Die Filmdicke des auf dem Emitterbereich hergestellten Dünnfilms sollte möglichst 5 nm (50 Å) oder weniger betragen. Die Filmdicke des vorstehend erwähnten Dünnfilms sollte möglichst so dünn wie möglich sein. Wenn die Dicke dünner ist, wird der direkte Reihenwidstand verringert, wodurch positive Löcher auf ähnliche Weise wie Elektronen einem Tunneleffekt unterzogen werden.

Auch kann, falls eine Emitter-Basis-Sperrschiert in einem Einkristall hergestellt wird, eine Zunahme des Basisstroms in einem Bereich eines geringen Stroms unterdrückt werden.

Nachstehend wird das erste bevorzugte Ausführungsbeispiel unter Bezug auf Fig. 1 beschrieben.

In dieser Figur bezeichnet 1 ein Siliziumsubstrat, und dieses Substrat 1 ist ein n-Substrat, das zu einem n-Leitfähigkeitsotyp gemacht worden ist, indem Störstellen bzw. eine Unreinheit eines Elements der Gruppe V der Periodentabelle der Elemente wie Phosphor (P), Arsen (HAs), Antimon (Sb) usw. dotiert worden ist, oder es ist ein p-Substrat, das zu einem p-Leitfähigkeitsotyp gemacht worden ist, indem Störstellen bzw. eine Unreinheit eines Elements der Gruppe III der Periodentabelle der Elemente wie Bor (B), Aluminium (Al), Gallium (Ga) usw. dotiert worden ist.

2 ist ein beerdigter bzw. eingelassener n<sup>+</sup>-Bereich, und der beerdigte n<sup>+</sup>-Bereich weist eine Störstellenkonzentration von P, As, Sb, usw. von  $10^{16}$  bis  $10^{20}$  [cm<sup>-3</sup>] auf.

5 3 ist ein n-Leitfähigkeitstyp-Bereich als Teil des Kollektorbereichs, und der n-Leitfähigkeitstyp-Bereich 3 ist ein Bereich mit einer geringen Störstellenkonzentration (beispielsweise ungefähr  $10^{13}$  bis  $5 \times 10^{17}$  [cm<sup>-3</sup>]), der durch eine Epitaxietechnik usw. hergestellt worden ist.

10

4 ist ein p-Leitfähigkeitstyp-Bereich als Basisbereich, und der p-Leitfähigkeitstyp-Bereich 4 ist ein Bereich, der eine Unreinheit wie B, Al, Ga, usw. mit einer Störstellenkonzentration von  $10^{15}$  bis  $10^{20}$  [cm<sup>-3</sup>] aufweist.

15

5 ist ein P<sup>+</sup>-Bereich, und der P<sup>+</sup>-Bereich ist ein Bereich, der eine Unreinheit wie B, Al, Ga, usw. mit einer Störstellenkonzentration von  $10^{17}$  bis  $10^{20}$  [cm<sup>-3</sup>] zum Senken des Basiswiderstands enthält.

20

6 ist ein n<sup>+</sup>-Emitterbereich.

7 ist ein n<sup>+</sup>-Bereich, und der n<sup>+</sup>-Bereich ist zum Anschließen einer nachstehend beschriebenen Kollektorelektrode 202 zu dem vorstehend erwähnten beerdigten Bereich 2 vorgesehen, damit der Kollektorwiderstand verringert wird.

8 ist eine Halbleitermaterial-Schicht, und die Halbleitermaterial-Schicht 8 weist ein Material mit einer breiteren Lücke eines unzulässigen Bands verglichen mit dem Material des vorstehend erwähnten Emitterbereichs 6 auf, damit die aus der Basis injizierten Ladungsträger gesperrt werden.

30 30 ist ein Dünnfilm, und der Dünnfilm 30 weist ein dünnes Isolationsmaterial zum Fließenlassen eines Tunnelstroms auf.

101, 102 und 103 sind Isolationsfilme zum Trennen der Elektroden, Elemente und Anschlüsse bzw. Drähte.

200, 201 und 202 sind jeweils eine Emitterelektrode, eine Basis-  
selektrode und eine Kollektorelektrode, und die entspre-  
chenden Elektroden 200, 201 und 202 sind aus Metallen, Sili-  
ziden usw. gebildet.

5

- Vorzugsweise sollte der vorstehend erwähnte Dünnfilm 30 ex-  
trem dünn gemacht werden, wodurch sowohl Elektronen als auch  
positiven Löchern gestattet wird, sich durch ihn zu bewegen  
(es ist nicht erforderlich, positive Löcher zu sperren) und  
10 den Emitterwiderstand zu verringern. Die vorstehend erwähnte  
Halbleitermaterial-Schicht 8 weist ein Material mit einer  
breiten unzulässigen Bandlücke auf, weshalb sie aus der Basis  
injizierte Minoritäts-Ladungsträger sperrt.
- 15 Fig. 2 zeigt den Potentialverlauf an dem Querschnitt A-A' ge-  
mäß Fig. 1.

In dieser Figur bezeichnet  $w_B$  die neutrale Bereichsbreite der  
Basis,  $w_{EO}$  die neutrale Bereichsweite des Emitters und  $\delta$  die  
20 Dicke des Dünnfilms 30.

Der wesentlichste charakteristische Zweck des vorstehend er-  
wähnten Dünnfilms 30 besteht darin, die vorstehend erwähnte  
Halbleitermaterial-Schicht 8 von dem Einkristall in dem Emit-  
25 terbereich 6 zu trennen, wodurch eine Stabilisierung der  
Halbleitermaterial-Schicht 8 bewirkt wird. Wenn im einzelnen  
die entsprechenden Bereiche von Emitter, Basis und Kollektor  
Silizium als Substrat verwenden, falls ein Mikrokristall ( $\mu c$ )  
aus Silizium mit einem unzulässigen Band als Halbleiterma-  
30 rial-schicht 8 mit einer breiten unzulässigen Bandlücke ge-  
wählt wird, wenn der vorstehend erwähnte Dünnfilm 30 nicht  
erzeugt wird, beginnt wegen der Wärmebehandlung nach Bildung  
des Mikrokristall-Siliziums eine Epitaxie von einem einkri-  
stallinen Substrat, und eine Kristallform an einer Grenzflä-  
35 che wird verändert, wodurch eine Verringerung des Strom-  
verstärkungsfaktors  $h_{FE}$  verursacht wird. Außerdem tritt eine  
Teilepitaxie auf. Eine Veränderung der Eigenschaften des bi-  
polaren Transistors wird wesentlich größer. Durch Herstellung  
des Dünnfilms 30 können die Eigenschaften des Elements von

den Einflüssen der Veränderung geschützt werden, die bei der Kristallform eines Mikrokristalls nicht auftritt.

Falls demgegenüber ein Polykristall aus GaAs als Halbleitermaterial-Schicht 8 gewählt wird, verändern sich seine elektrisch leitenden Eigenschaften, weil Ga oder As eine Unreinheit für Silizium ist, das das Substratmaterial ist. Kurz gesagt kann der Dünnsfilm 30 eine Diffusion der Unreinheit bzw. Störstellen sperren, oder selbst wenn er sie nicht sperren kann, kann er eine derartige Diffusion verringern.

Als die vorstehend erwähnte Halbleitermaterial-Schicht 8 kann auch SiC usw. verwendet werden. Als Kristallform der Halbleitermaterial-Schicht 8 können sämtliche amorphen, polykristallinen und einkristallinen Formen angewandt werden.

Als Dünnsfilm 30, der verursacht, daß der Tunneleffekt auftritt, sind chemisch beständige Materialien wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  usw. bevorzugt. Das Material ist nicht auf Isolationsmaterialien beschränkt, sondern Halbleiter wie SiC usw. können auch verwendet werden.

Die Kristallform kann amorph, polykristallin oder einkristallin sein, obwohl für den Zweck des Teilens der Bereiche 8 und 6 eine amorphe Form bevorzugt werden würde. Jedoch sollten bei der Wahl dieser Materialien Materialien, die eine verschlechternde Wirkung für das Substratmaterial haben können, natürlich vermieden werden.

Nachstehend wird der vorstehend erwähnte Tunneleffekt beschrieben. Wenn sich Elektronen aus der Halbleitermaterial-Schicht 8 durch den Emitterbereich  $E_R$  gemäß Fig. 2 bewegen, kann er unter Bezug auf ein in Fig. 3 dargestelltes Potentialschichtmodell beschrieben werden. In diesem Fall wird, wenn  $\Phi_B$  als Schichthöhe und  $a$  als Schichtbreite definiert sind, die Tunnel-Wahrscheinlichkeit  $T_t$  des Elektrons mit einer Energie  $E$  und einer wirksamen Masse  $m^*$  aus der Schrödinger-Gleichung zu:

$$T_t = [1 + (\Phi_B^2 \sinh^2(\beta a)) / 4E(\Phi_B - E)]^{-1} \quad (1),$$

wobei gilt:

$$5 \quad \beta = [2m^*(\Phi_B - E)/h^2]^{1/2} \quad (2).$$

Falls  $\Phi_B \gg E$  und  $\beta a \gg 1$  gilt, wird  $T_t$  in diesem Fall zu

$$10 \quad T_t = 16 E/\Phi_B e^{-2\beta a} \quad (3),$$

wobei gilt:

$$15 \quad \beta \approx (2m^*\Phi_B)^{1/2}/h \quad (4).$$

- 15 Wenn daraufhin eine Spannung angelegt wird, verläuft das Potential in dem Dünnfilm 30 gemäß Fig. 3B schief, wodurch die Tunnel-Wahrscheinlichkeit  $T_t$  erhöht wird.

- 20 In diesem Fall kann der Gesamt-Tunnelstrom  $I_{et}$  theoretisch wie folgt ausgedrückt werden:

$$25 \quad I_{et} = A \int_x^{\infty} F_{c1}(E) n_{c1}(E) T_t(1 - F_{c2}(E)) n_{c2}(E) dE \quad (5).$$

- In der vorstehend angeführten Formel ist  $A$  eine Konstante,  $T_t$  die Tunnel-Wahrscheinlichkeit in der vorstehend angeführten Formel (1),  $F_{c1}$ ,  $F_{c2}$  sind Fermi-Dirac-Verteilungsfunktionen der vorstehend erwähnten Halbleitermaterial-Schicht 8 und des Emitterbereichs  $E_R$ , und  $n_{c1}$  sowie  $n_{c2}$  stellen die Zustandsdichten der Leitungsbänder der beiden Materialien dar.

- 35 Bei der vorstehend angeführten Formel (5) wird, wenn  $\Phi_B \gg E$  gilt, der die Dicke des Dünnfilms 30 betreffende Gegenstand aus dem zu integrierenden Term herausgenommen, so daß er wird zu:

$$40 \quad I_{et} \sim e^{-2\beta a} \quad (6),$$

woraus ersichtlich ist, daß ein Effekt mit einer Exponentialfunktion in der Dicke des Dünnfilms 30 auftritt. Auf diese Weise trägt die Dicke am meisten zu dem Elektronen-Tunnelstrom  $I_{et}$  bei.

5

Bei der vorangehenden Formel (5) ist ein anderer wichtiger Term der folgende:

$$F_{c1} (1 - F_{c2}) \quad (7),$$

10

wobei  $F_{c1}$  eine Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Elektrons an der Seite von A,  $(1 - F_{c2})$  eine Wahrscheinlichkeit des Nicht-Auftretens eines Elektrons an der Seite von B bezeichnet, und ein Produkt daraus würde einen Elektronenübergang wesentlich beeinflussen, aber zum Erhöhen dieser Produkts

15 kann eine Spannung, die ungefähr  $kT$  oder mehr entspricht, an den Dünnfilm 30 angelegt werden, und sie kann beispielsweise 0,025 V bei Zimmertemperatur betragen.

- 20 In dem Fall eines bipolaren Transistors ist der Spannungsabfall an dem vorstehend erwähnten Dünnfilm 30 ungefähr der vorstehend erwähnte Spannungswert, und gemäß Fig. 3B wird während des Anlegens der Spannung die Energie der Auftrittswahrscheinlichkeit wie durch A und B dargestellt verschoben,
- 25 wodurch in dem Energieband mit derselben Energie wie die Energie von Elektronen auf der Seite der Halbleitermaterial-Schicht 8 (die linke Seite in Fig. 3B) keine Elektronen an der Emittersseite (rechte Seite in Fig. 3B) auftreten, und ein Übergang von Elektronen leicht bewirkt werden kann. Auch wird
- 30 durch Anlegen einer Spannung an dem Dünnfilm 30 die Schichthöhe leicht verringert.

Gemäß Fig. 2 sind sowohl die Dicke  $w_{EO}$  des Emitterbereichs  $E_R$  als auch die Konzentration N wichtige Faktoren zum Verringern 35 des Basisstroms.

Gewöhnlich weist der vorstehend erwähnte Dünnfilm 30 eine Dicke von 5 nm (50 Å) oder weniger auf, was vergleichsweise gering verglichen mit der Dicke des  $n^+$ -Emitterbereichs 6 ist,

und der Abstand  $w_E$  von dem Emitter-Basis-Sperrschiichtabschnitt zu der Halbleitermaterial-Schicht 8 wird dargestellt durch

$$5 \quad W_E \approx W_{EO} + \delta \quad (8)$$

und wird im wesentlichen gleich  $w_{EQ}$ .

Eine Mindestgrenze einer Dicke des Films 30 ist bevorzugt 0,2 bis 0,3 nm (2 bis 3 Å). Außerdem ist in dem Fall von  $\text{SiO}_2$  der Film 30 vorzugsweise eine Einatomschicht mit gleichmäßig verteilt O bzw. Sauerstoff.

Demgegenüber wird ein anderer wichtiger Faktor, nämlich ein Sperren von aus der Basis injizierten Minoritäts-Ladungsträgern an der Grenzfläche zwischen der Halbleitermaterial-Schicht 8 und dem Dünnfilm 30 bewirkt. Da die Tunnel-Wahrscheinlichkeit für Elektronen und positive Löcher in dem Dünnfilm 30 für Elektronen größer ist, wird natürlich die Verringerungswirkung des Basisstroms durch positive Löcher als überlappender Vorgang von beiden erhalten.

Nachstehend werden die Bestandteile des Stroms des vorstehend beschriebenen bipolaren Transistors beschrieben.

25

Der Kollektorstrom  $J_C$  wird durch die folgende Formel (9) angenähert:

$$J_C = q \cdot D_n \cdot n_i^2 / (N_B \cdot W_B) \{ e^{(V_{BE}/kT)} - 1 \} \quad (9),$$

wobei der Diffusionsabstand länger als die Basisbreite gemacht wird.  $N_B$  ist die Basiskonzentration,  $w_B$  die Basisbreite,  $D_n$  der Diffusionskoeffizient von Elektronen,  $n_i$  die Intrinsic-Ladungsträgerdichte und  $V_{BE}$  die Spannung, die zwischen der Basis und dem Emitter angelegt wird.

Demgegenüber weist der Basisstrom den Rekombinationsstrom  $J_{Brec}$  in der Basis und den Diffusionsstrom  $J_{Bdiff}$  der positiv

ven Löcher auf, die aus der Basis in den Emitter injiziert werden.

- In diesem Fall wird der Rekombinationsstrom  $J_{Brec}$  ausgedrückt  
5 durch:

$$J_{Brec} = q \cdot D_n \cdot n_i^2 \cdot W_B / (2N_B \cdot L_n^2) \{ e^{(VBE/kT)} - 1 \} \quad (10),$$

wobei  $L_n$  der Diffusionsabstand von Elektronen ist.

10

Bei dem herkömmlichen bipolaren Transistor mit der gleichmäßigen Sperrsicht ist  $J_{Bdiff}$  die Hauptkomponente, und keine hohe Stromverstärkung kann erhalten werden.

- 15 Der Diffusionsstrom  $J_{Bdiff1}$  bei dem herkömmlichen gleichmäßigen bipolaren Transistor wird, wenn die Diffusionslänge  $L_p$  der positiven Löcher kleiner als die Emitterdicke  $W_E$  ist (Fall 1:  $L_p \ll W_E$ ), ausgedrückt durch:

$$20 \quad J_{Bdiff1} = q \cdot D_p \cdot n_i^2 / (L_p \cdot N_E) \{ e^{(VBE/kT)} - 1 \} \quad (11).$$

Wenn demgegenüber ein Verengen der Emitter-Sperrsicht ausgeführt wird, was durch eine höhere Integration begleitet ist, wird der Zusammenhang zu:  $L_p \gg W_E$  (Fall 2), wodurch der

- 25 Diffusionsstrom  $J_{Bdiff2}$  ausgedrückt wird durch:

$$J_{Bdiff2} = q \cdot D_p \cdot n_i^2 / (W_E \cdot N_E) \{ e^{(VBE/kT)} - 1 \} \quad (12).$$

- Deswegen wird der Diffusionsstrom weiterhin größer, wodurch  
30 der Stromverstärkfaktor  $h_{FE}$  des bipolaren Transistors verringert wird.

- Wenn die Rekombinationsgeschwindigkeit an der ungleichmäßigen Grenzfläche zu einem vernachlässigbaren Wert gemacht wird,  
35 wird der Diffusionsstrom  $J_{Bdiff3}$  durch die folgende Formel (13) ausgedrückt ( $L_p \gg W_E$ ):

$$J_{Bdiff3} = q \cdot D_p \cdot W_E \cdot n_i^2 / (L_p^2 \cdot N_E) \{ e^{(VBE/kT)} - 1 \} \quad (13).$$

Bei dem bipolaren Transistor wird bei dem vorstehend erwähnten Fall 1 der Diffusionsstrom  $J_{B\text{diff}}$  zu dem  $W_E/L_B$ -fachen bezogen auf den herkömmlichen bipolaren Transistor mit gleichmäßiger Sperrsicht.

5

Außerdem wird bezogen auf den vorstehend erwähnten Fall 2 der Diffusionsstrom  $J_{B\text{diff}}$  zu dem  $(W_E/L_p)^2$ -fachen.

Auf diese Weise kann gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Diffusionsstrom  $J_{B\text{diff}}$  wesentlich verringert werden. Mit anderen Worten kann der Stromverstärkungsfaktor  $h_{FE}$  wesentlich erhöht werden.

Bei dem herkömmlichen bipolaren Transistor mit MIS-Anordnung besteht kein Diffusionsstrom  $J_{B\text{diff}}$ , weil  $W_E = 0$  gilt, aber andere Stromkomponenten bestehen.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das schematisch die Strom-Spannung-Kennlinie des Transistors darstellt, wobei die Abszisse die zwischen der Basis und den Emitter angelegte Spannung und die Ordinate den Basisstrom  $I_B$  sowie den Kollektorstrom  $I_C$  darstellt, die in logarithmischen Werten abgetragen sind. Bei dem bipolaren Transistor verlaufen der Kollektorstrom  $I_C$  und der Basisstrom  $I_B$  im wesentlichen parallel zueinander, und auch in dem Bereich geringen Stroms ( $H_p$ ) wird der Stromverstärkungsfaktor  $h_{FE}$  ( $= I_C/I_B$ ) zu einem konstanten Wert, aber bei dem herkömmlichen bipolaren Transistor mit MIS-Anordnung fließt ein übermäßig hoher Strom in dem Bereich geringen Stroms ( $H_O$ ).

30

Der Basisstrom bei den bipolaren Transistoren ist hauptsächlich der durch die vorstehend angeführte Formel (10) ausgedrückte Rekombinationsstrom, und der Höchstwert  $h_{FEmax}$  des Stromverstärkungsfaktors in diesem Fall beträgt:

35

$$h_{FEmax} = 2 \cdot (L_n/W_B)^2 \quad (14),$$

und die obere Grenze von  $h_{FE}$  wird nur durch die Basisbedingungen bestimmt. Gemäß dem Ausführungsbeispiel wird  $h_{FE}$  zu 10000 oder mehr.

- 5 Fig. 5 zeigt die Zusammenhänge zwischen der Störstellenkonzentration in dem vorstehend erwähnten  $n^+$ -Emitterbereich 6 und dem Diffusionsabstand  $L_p$  der Minoritätsladungsträger (positiven Löcher) und der Lebensdauer  $\tau_p$  der Minoritätsladungsträger (positiven Löcher). Gemäß einem durch die Formel  
10 (13) bestimmten Zustand sollte die Emittertiefe zu zumindest ungefähr 1/5 des Diffusionsabstandes der positiven Löcher gemacht werden.

Nachstehend wird das Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung gemäß Fig. 1 beschrieben.

- (1) Auf einem Substrat 1 eines vorbestimmten Leitfähigkeits-  
typs (p-Typ oder n-Typ) wird ein beerdigter bzw. eingeschlossener  $n^+$ -Bereich 2 mit einer Störstellenkonzentration  
20 von  $10^{15}$  bis  $10^{19}$  [ $\text{cm}^{-3}$ ] durch Ioneninjektion (oder Störstellendiffusion usw.) von As, Sb, P usw. erzeugt.
- (2) Durch Epitaxietechnik usw. wird ein n-Leitfähigkeitstyp-Bereich 3 mit einer Störstellenkonzentration von  $10^{14}$  bis  
25  $10^{17}$  [ $\text{cm}^{-3}$ ] gebildet.
- (3) Ein  $n^+$ -Bereich 7 zum Verringern des Widerstands des Kollektors wird (mit einer Störstellenkonzentration von  $10^{17}$  bis  
30  $10^{20}$  [ $\text{cm}^{-3}$ ]) gebildet.
- (4) Ein Isolationsfilm 102 zur Elemententrennung wird durch das selektive Oxidationsverfahren oder das CVD-Verfahren bzw. das chemische Gasabscheideverfahren usw. hergestellt.
- 35 (5) In dem aktiven Bereich werden ein  $p^+$ -Bereich 5 sowie ein p-Bereich 4, der der Basisbereich ist, durch das Ioneninjektionsverfahren usw. gebildet.

- (6) Nach Öffnen eines Emitterkontakte auf dem Isolationsfilm 101 wird ein mit As, Sb, P usw. dotierter n<sup>+</sup>-Emitterbereich (Störstellenkonzentration  $5 \times 10^{17}$  bis  $5 \times 10^{20}$  [cm<sup>-3</sup>]) durch das Ioneninjektionsverfahren oder das Wärmediffusionsverfahren erzeugt.
- (7) Ein Dünnfilm 30 wird durch Oxidation bei einer geringen Temperatur von 500°C bis 650°C oder durch Wärmeoxidation durch schnelle Wärmebeschleunigung (RTA, "rapid thermal acceleration") hergestellt.
- (8) Nach Aufbringen von zu n<sup>+</sup>-dotiertem Mikrokristall-Silizium entsprechend dem Plasma-CVD-Verfahren auf den vorstehend erwähnten Dünnfilm 30 wird es mit Mustern versehen.
- (9) Ein Isolationsfilm 103 wird aufgebracht, der ausheilt und dann einem Öffnen eines Kontaktes unterzogen wird..
- (10) Al-Si (1%), das zu der Elektrode 200 wird, wird einer Kathodenzerstäubung bzw. einem Sputtern unterzogen, was von einem Versehen des Al-Si mit Mustern gefolgt ist.
- (11) Nach einer Legierungsbildung der Al-Si-Elektrode wird ein Passivierungssfilm gebildet.
- Gemäß dem vorstehend beschriebenen Verfahren wird ein bipolärer Transistor mit MIS-Anordnung hergestellt.
- Als vorstehend erwähnter Dünnfilm 30 ist ein Siliziumoxidfilm optimal, weil er bei einer geringen Temperatur leicht hergestellt werden kann, aber ein Isolationsfilm wie ein Siliziumnitridfilm, ein Aluminiumfilm usw. kann auch verwendet werden.
- Außerdem kann durch Verwendung von SiC usw. eine Anordnung hergestellt werden, die zu der Tunnelsschicht wird. Die nachstehende Erläuterung bezieht sich auf ein Beispiel eines Ein-Kristalls. Beispielsweise weist SiC verglichen mit Si einen Leitungsband-Energieunterschied  $\Delta E_V \approx 0,53$  [ev], einen Va-

lenzelektronenband-Unterschied  $\Delta E_c \approx 0,55$  [ev] und eine Bandlücke  $E_g \approx 2,2$  [ev] auf, und wenn sowohl SiC als auch Si schrittweise in einem n-Leitfähigkeitstyp zu Sperrsichten gemacht werden, weist es einen Aufbau auf, der sich von der 5 Halbleiter-/Isolator-Sperrsicht unterscheidet.

Fig. 6A, 6B sowie 6C zeigen ein Bändermodell bzw. einen Bandaufbau einer ungleichmäßigen Sperrsicht, die denselben Leitfähigkeitstyp (in diesem Fall n-Typ), nämlich den Isotyp 10 bzw. gleichmäßigen Typ aufweist.

Fig. 6A zeigt die Sperrsicht des n-Typ-Siliziums und des n-Typ-SiC,  $\Delta E_c$ ,  $\Delta E_v$ , die jeweils darunter und darüber auftreten, wobei eine Kerbe genannte Sperre  $\Phi_W$  auf der Leitungsbandseite ausgebildet ist, während auf der Valenzelektronenseite der folgende Energieunterschied erzeugt wird:

$$\Delta E_c + \Delta E_v - \Delta E_f.$$

20 Demgegenüber wird durch die Sperrsicht des n-Typ-Si, des n-Typ-SiC und des n-Typ-Si das Energieniveau wie in Fig. 6B dargestellt.

Außerdem verarmt durch Ausbilden von SiC zu einem Dünnfilm 25 das SiC, so daß es ähnlich wie ein Isolationsmaterial wird, wodurch die Potentialverteilung wie in Fig. 6C dargestellt wird.

Mit dem Aufbau gemäß Fig. 6C kann der Elektronenstrom vergrößert werden. In Fig. 6A bis 6C ist ein Beispiel durch Verwendung von SiC dargestellt, aber es ist ersichtlich, daß andere Materialien mit einer breiten unzulässigen Bandlücke 30 auch verwendet werden können.

35 Der Kristallaufbau des Tunnelfilms kann einkristallin, polykristallin oder amorph sein.

Nachstehend wird unter Bezug auf Fig. 7 ein bevorzugtes zweites Ausführungsbeispiel der Halbleitervorrichtung be-

- schrieben. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein Emitterbereich 6 durch Epitaxie auf dem Basisbereich (p-Typ-Bereich 4) und auf dem Emitterbereich 6 ein Dünnfilm 30 für den Tunnel gebildet. Durch Herstellen einer derartigen Anordnung gilt
- 5 bei der vorstehend angeführten Formel (13)  $w_E = 0$ , wodurch es möglich wird, einen Stromverstärkungsfaktor zu erreichen, der ungefähr gleich dem vorstehend erwähnten maximalen Stromverstärkungsfaktor  $h_{FE\max}$  ist.
- 10 Nachstehend wird unter Bezug auf Fig. 8 ein drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Halbleitervorrichtung beschrieben. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel darin, daß eine Halbleitermaterial-Schicht 8 auf dem Dünnfilm
- 15 30 und eine Halbleiterschicht 10 eines Materials mit einer schmaleren unzulässigen Bandlücke als die der Halbleitermaterial-Schicht 8 außerdem auf der Halbleitermaterial-Schicht 8 gebildet ist. Mit einem derartigen Aufbau wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel der ohmsche Widerstand zwischen dem Emitter und dem Metall verbessert. Falls die Halbleitermaterial-Schicht 8 aus SiC besteht, sollte die Halbleiterschicht 10 vorzugsweise als Si gewählt werden, während, falls die Halbleitermaterial-Schicht 8 aus Si besteht, die Halbleiterschicht 10 vorzugsweise als Ge usw. gewählt werden sollte.
- 20
- 25 Der Leitfähigkeitstyp der Halbleiterschicht 10 ist derselbe wie der der Halbleitermaterial-Schicht 8.
- 30 Fig. 9 zeigt ein Schaltungsbeispiel, das ein Beispiel einer elektronischen Vorrichtung als Anwendungsbeispiel der Halbleitervorrichtung gemäß dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel darstellt. Sie zeigt den Fall, wenn der bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel 1 dargestellte bipolare Transistor in der Festkörper-Bildaufnahmeverrichtung
- 35 verwendet wird, die in der japanischen Patentanmeldung Nr. 62-321 423 durch die vorliegende Anmelderin offenbart wurde.

Im einzelnen verwendet gemäß Fig. 9 der Transistor Tr, der die Sensorzellen  $C_{11}, C_{12}, \dots, C_{mn}$  des Flächensensors AS bil-

det, den bipolaren Transistor des MIS-Typs, der bei dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel dargestellt worden ist.

- 5 Wenn der Flächensensor AS gemäß Fig. 9 als Farbkamera verwendet wird, wird das Einschalten des Lesens von optischen Informationen derselben photoelektrischen Wandlervorrichtung mehrere Male durchgeführt.
- 10 Da in dem Kollektorbereich des ersten Leitfähigkeitstyps und in dem Basisbereich des zweiten Leitfähigkeitstyps  $C_{tot} = 10$  [pF] und  $C_V = 2,5$  [pF] gilt, muß wie vorstehend beschrieben beispielsweise, damit der Nicht-Löschrungsgrad zu 0,9 oder mehr gemacht wird,  $h_{FE}$  2250 oder mehr betragen. Zum Erhalt 15 eines ausreichenden Nicht-Löschrungsgrads kann geschätzt werden, daß  $h_{FE}$  2000 oder mehr betragen muß.

Im Gegensatz dazu beträgt bei dem Stand der Technik beispielsweise bei einem bipolaren Transistor mit gleichmäßiger 20 Sperrsicht  $h_{FE}$  ungefähr 1000, weshalb kein ausreichender Nicht-Löschrungsgrad erhalten werden kann, während bei der vorliegenden Erfindung ein hervorragender Nicht-Löschrungsgrad erhalten werden kann, weil  $h_{FE}$  bei der Halbleitervorrichtung ausreichend groß gemacht werden kann.

- 25
- Außerdem sollte der Nicht-Löschrungsgrad möglichst 0,98 oder mehr betragen. In diesem Fall muß  $h_{FE}$  ungefähr 10000 oder mehr betragen, aber es ist schwierig, einen solchen Wert bei dem herkömmlichen bipolaren Transistor mit gleichmäßiger Sperrsicht zu erhalten.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 wurde beispielhaft ein Flächensensor beschrieben, aber die vorliegende Erfindung kann natürlich auch bei einem Zeilensensor angewandt werden.

- 35
- Außerdem können bei dem Transistor gemäß Fig. 9 die vorstehend beschriebenen zweiten und dritten Ausführungsbeispiele angewandt werden.

Außerdem kann in diesem Fall ein hervorragendes nichtzerstörendes bzw. nichtlöschendes Lesen durchgeführt werden.

- In diesem Fall stellt zum Lesen aus demselben Element mehrere
- 5 Male das Verhältnis des elektrischen Ausgangssignals während des ersten Lesens zu dem während des zweiten Lesens und danach ein Problem dar, und eine Korrektur ist erforderlich, wenn der Wert dieses Verhältnisses kleiner geworden ist.
- 10 Wenn das Verhältnis des ersten Lese-Ausgangssignals zu dem zweiten als der Nicht-Löschungsgrad definiert wird, wird der Nicht-Löschungsgrad durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$\text{Nicht-Löschungsgrad} = (C_{\text{tot}} \times h_{FE}) / (C_{\text{tot}} \times h_{FE} + C_V).$$

- 15 In diesem Fall bezeichnet  $C_{\text{tot}}$  die Gesamtkapazität des Transistors  $Tr$  gemäß Fig. 9, die an die Basis angeschlossen ist, die durch die Basis-Kollektor-Kapazität  $C_{bc}$  und  $C_{ox}$  bestimmt ist.  $C_V$  ist die Fluß-Kapazität der Lesezeile, die durch  $V_{L1}$
- 20 ...  $V_{Ln}$  dargestellt ist. Jedoch kann  $C_{ox}$  abhängig von dem Schaltungssystem manchmal nicht existieren.

- Deswegen kann der vorstehend erwähnte Nicht-Löschungsgrad durch Erhöhen des Stromverstärkungsfaktors  $h_{FE}$  leicht verbessert werden. Auf diese Weise kann durch Erhöhen von  $h_{FE}$  der Nicht-Löschungsgrad vergrößert werden.

- In diesem Fall ist der Aufbau derart, daß er einen Flächen-sensorbereich, der HD ("high division", hohe Aufteilung) entspricht, der nämlich einer hohen Auflösung entspricht, einen Emitterbereich des ersten Leitfähigkeitstyps, einen auf dem Emitterbereich vorgesehenen Dünnfilm, der einen Tunnelstrom fließen lassen kann, und eine Halbleitermaterial-Schicht aufweist, die auf den Dünnfilm geschichtet ist und eine breitere unzulässige Bandlücke als zumindest der vorstehend erwähnte Emitterbereich aufweist, weshalb es möglich ist, eine Zunahme des Basisstroms an dem feinen Strombereich des Kollektorstroms zu unterdrücken, wodurch ein bemerkenswert hoher Stromverstärkungsfaktor über einen weiten Bereich des Kollek-

torstroms erhalten und eine Abhängigkeit des Stromverstärkungsfaktors von dem Kollektorstrom verhindert werden kann. Wegen des schützenden Vorhandenseins des Dünnfilms tritt keine gegenseitige Beeinflussung zwischen der Halbleitermaterial-Schicht mit einer breiten unzulässigen Bandlücke und dem Emitterbereich auf, wodurch eine Stabilisierung des Halbleitermaterials bewirkt werden kann.

- Außerdem kann durch Einstellen des vorstehend beschriebenen
- 10 Dünnfilms auf eine Dicke, die verursacht, daß ein Tunneleffekt sowohl für Elektronen als auch für positive Löcher auftritt, eine Verringerung des Emitterwiderstands bewirkt werden.
- 15 Da der Emitterbereich eine Dicke aufweist, die dünner als die Diffusionslänge von aus dem vorstehend erwähnten Basisbereich injizierten Minoritäts-Ladungsträgern ist, wird der Stromverstärkungsfaktor wesentlich erhöht.
- 20 Darüberhinaus kann durch Beschichten einer Halbleiterschicht mit einer schmaleren unzulässigen Bandlücke auf der vorstehend erwähnten Halbleitermaterial-Schicht mit einer breiten unzulässigen Bandlücke verglichen mit ihrer unzulässigen Bandlücke der ohmsche Widerstand zwischen dem Emitterbereich
- 25 und dem Metall weiter verringert werden.

Durch Verwendung der Halbleitervorrichtung als photoelektrisches Wandlerelement kann der Stromverstärkungsfaktor des Transistors als photoelektrisches Wandlerelement verbessert

30 und auch eine Abhängigkeit des Stromverstärkungsfaktors von dem Kollektorstrom beseitigt werden, wodurch die Linearität des Ausgangssignals relativ zu dem optischen Eingangssignal erhalten werden kann, damit eine elektronische Vorrichtung mit einem geringen Dunkelstrom und einem hohen Rauschabstand geschaffen wird.

5      Deutschsprachige Übersetzung der Patentansprüche  
der Europäischen Patentanmeldung Nr. 90 312 979.9  
des Europäischen Patents Nr. 0 431 835

10

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung mit:  
einem Kollektorbereich (2, 3, 7) eines ersten Leitfähigkeitstyps,  
15      einem Basisbereich (4, 5) eines zweiten Leitfähigkeits-  
typs,  
einem Emitterbereich (6) des ersten Leitfähigkeitstyps  
mit einer Dicke, die nicht größer als eine Diffusionslänge  
eines von dem Basisbereich (4, 5) injizierten Minoritäts-  
20      Ladungsträgers ist,  
einem Dünnfilm (30), der auf dem Emitterbereich (6) zum  
Fließenlassen eines Tunnelstroms vorgesehen ist, und  
einer Halbleitermaterial-Schicht (8), die auf den Dünn-  
film (30) geschichtet ist und eine Energieband-Lücke auf-  
25      weist, die zumindest breiter als die des Materials des Emit-  
terbereichs (6) ist.
2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Dicke des  
Dünnfilms (30) dergestalt ist, daß der Tunneleffekt für beide  
30      Arten von Ladungsträgern, das heißt Elektronen und Löcher,  
auftritt.
3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine andere  
Halbleiterschicht (10) mit einer vergleichsweise schmäleren  
35      Bandlücke auf der Halbleitermaterial-Schicht (8) geschichtet  
ist.
4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Halblei-  
tervorrichtung als photoelektrische Wandlervorrichtung ver-  
40      wendet wird.

5      Deutschsprachige Übersetzung der Beschreibung  
der Europäischen Patentanmeldung Nr. 90 312 979.9  
des Europäischen Patents Nr. 0 431 835

10    HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

15     Diese Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung und ins-  
besondere eine Halbleitervorrichtung mit einer bipolaren  
Transistoranordnung.

Verwandter Stand der Technik

20     Als Stand der Technik sind Vorrichtungen mit Dünnfilmen be-  
kannt, durch die ein Tunnelstrom zu dem Emitter fließt, wie  
bipolare Transistoren (BPT) mit MIS-Anordnung, heterobipolare  
Transistoren (HBT) mit einem Mikrokristall ( $\mu$ c) oder einem  
amorphen Halbleiter als Emitter usw.

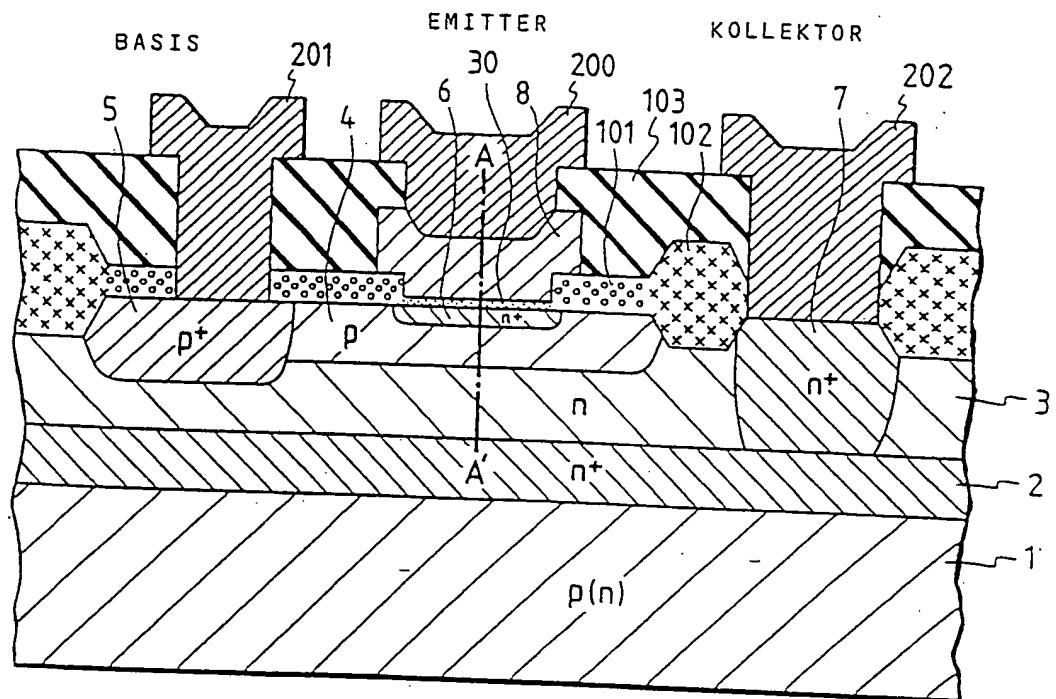
25

In dem Fall des vorstehend erwähnten bipolaren Transistors  
mit MIS-Anordnung werden durch Verwendung des Unterschieds  
der Tunnel-Wahrscheinlichkeit zwischen Elektronen und positi-  
ven Löchern die positiven Löcher aus der Basis durch den vor-  
30 stehend erwähnten Dünnfilm behindert, wodurch eine Verringe-  
rung des Basisstroms bewirkt wird.

Der vorstehend erwähnte herkömmliche bipolare Transistor mit  
MIS-Anordnung erfordert jedoch zum Erhalten von Eigenschaften  
35 für eine Verringerung des vorstehend erwähnten Basisstroms  
eine erforderliche Mindestdicke des vorstehend erwähnten  
Dünnfilms. Falls dessen Dicke zu gering ist, wird das Sperr-  
verhältnis der positiven Löcher verringert, wodurch keine  
Verringerung des Basisstroms bewirkt werden kann, so daß der  
40 direkte Reihenwiderstand des Emitters zunimmt.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Dicke des Dünnfilms (30) nicht größer als 5 nm (50 Å) ist.
6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Emitterbereich (6) aus einem Silizium-Einkristall gebildet ist.
7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Halbleitermaterial-Schicht (8) aus einem Material gebildet ist, das aus mikrokristallinem Silizium, GaAs und SiC ausgewählt wird.  
10
8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Halbleitermaterial-Schicht (8) amorph, polykristallin oder einkristallin ist.
- 15 9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Dünnfilm (30) aus  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder SiC gebildet ist.

1/6  
*FIG. 1*



*FIG. 2*

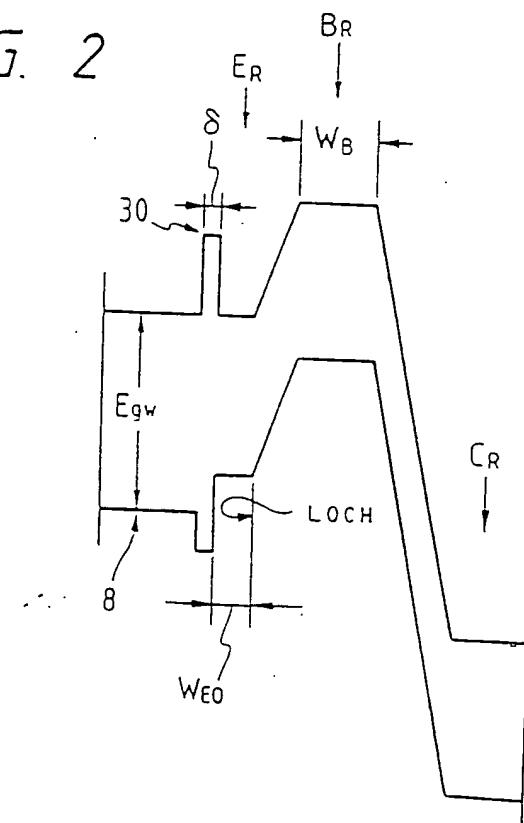


FIG. 3A

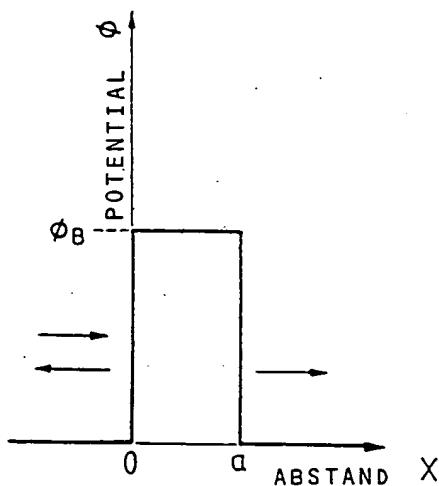


FIG. 3B

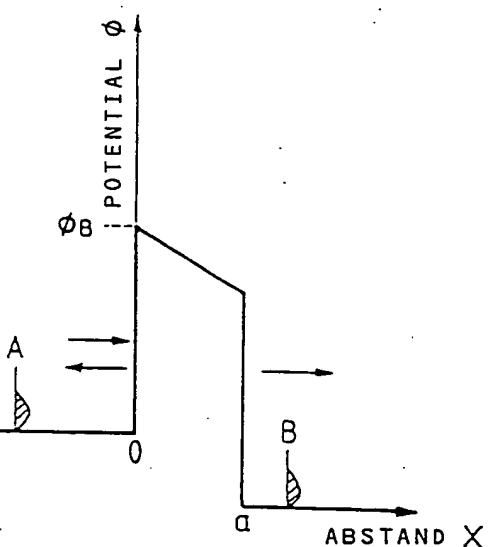


FIG. 4

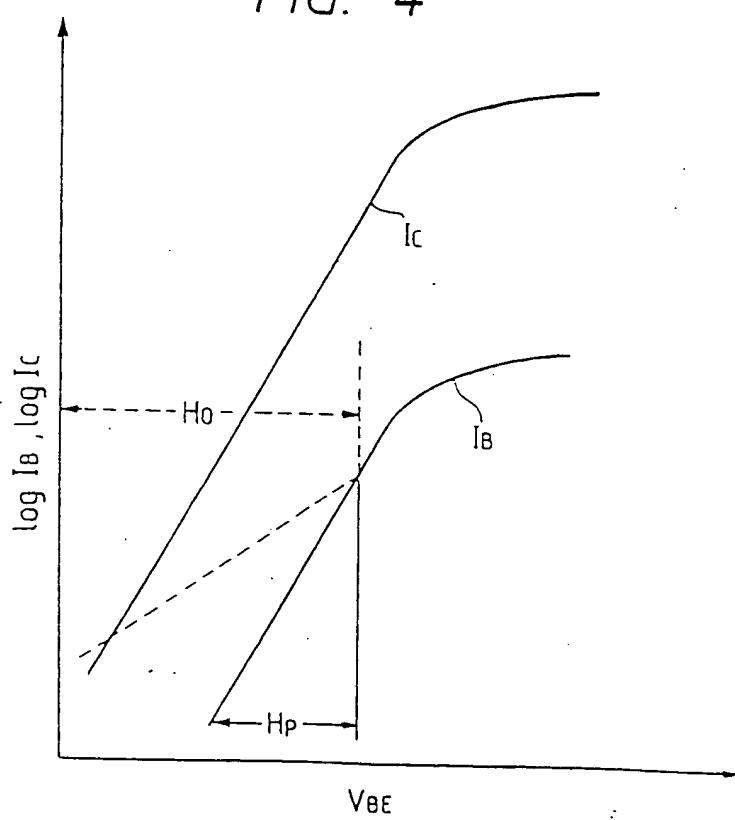
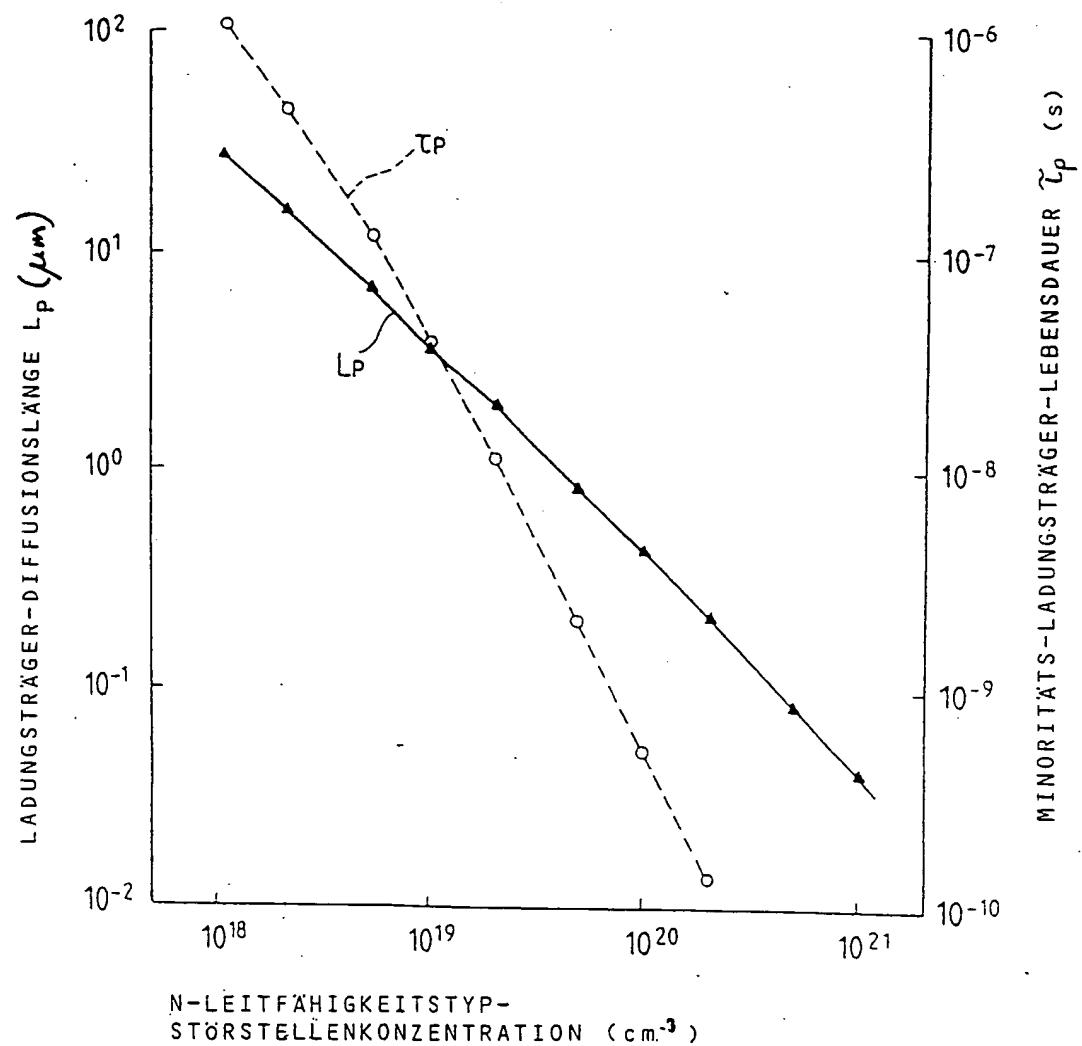


FIG. 5



4/6

FIG. 6A

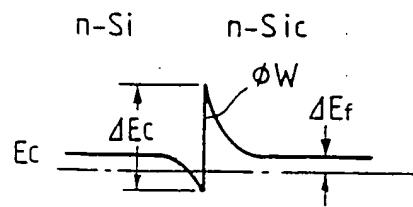


FIG. 6B

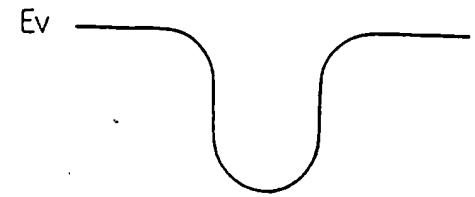
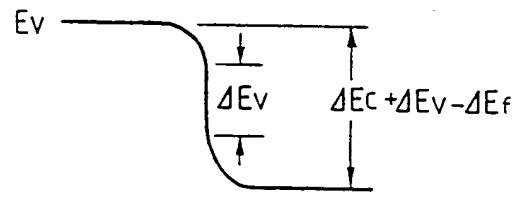
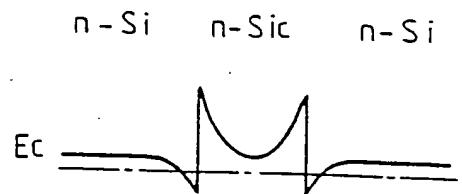
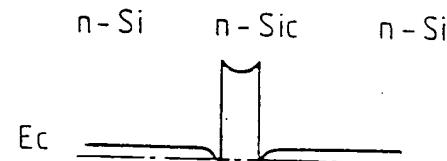


FIG. 6C



5/6

FIG. 7

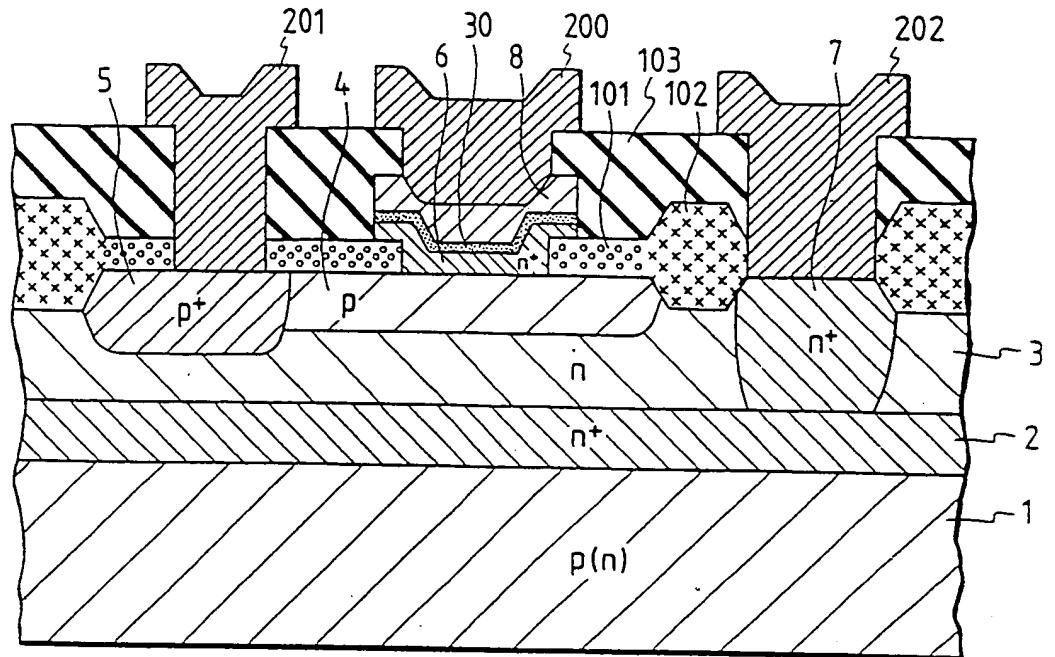


FIG. 8

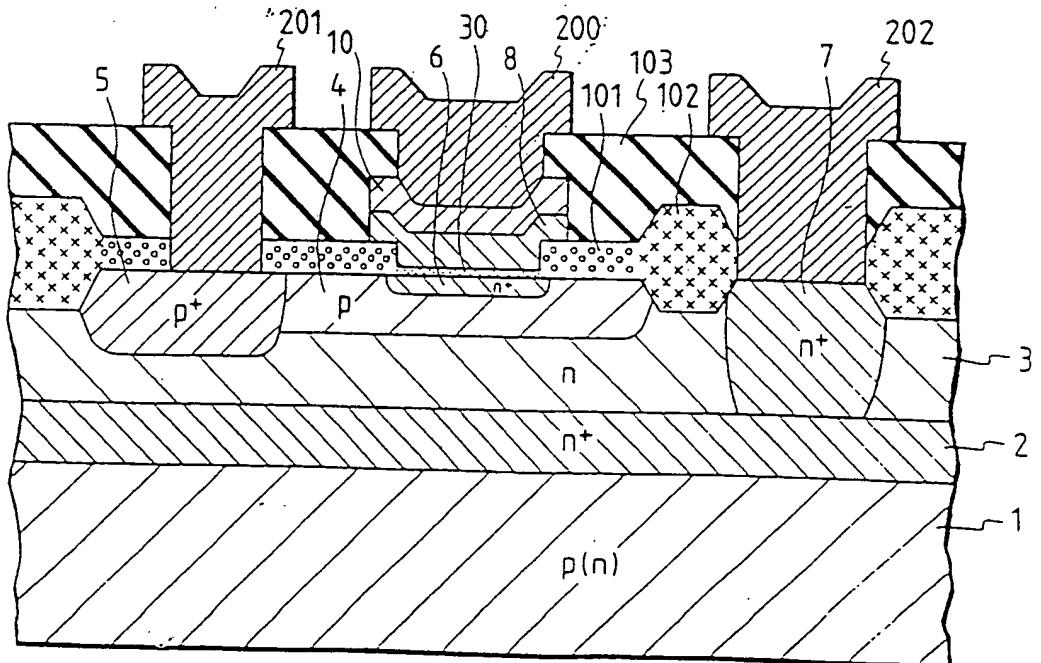


FIG. 9

